

水工混凝土抗冲磨测试方法浅谈

应立锋 劳彬彬 尉华军

浙江奔惠建设有限公司 浙江 绍兴 312000

摘要: 本文旨在探讨水工建筑物混凝土抗冲磨测试方法的研究进展,分析现有测试方法的优缺点,并展望未来的发展方向。通过综述国内外相关文献,本文详细阐述了水工混凝土抗冲磨测试的重要性、现有测试方法的原理及应用,以及改进的方向。

关键词: 水工建筑物;混凝土;抗冲磨测试

引言

水工建筑物如大坝泄洪洞、溢洪道、消力池、冲沙底孔等,在高速水流、推移质和悬移质的作用下,常遭受严重的冲刷和磨损,影响建筑物的安全性和耐久性。因此,研究水工混凝土的抗冲磨性能,开发有效的测试方法,对于提高水工建筑物的使用寿命和安全性具有重要意义。

1 水工混凝土抗冲磨测试方法

1.1 水下钢球法

1.1.1 原理与目的

水下钢球法通过模拟自然环境中水流携带颗粒对混凝土表面的冲刷和撞击,来评估混凝土的抗冲磨性能。此方法旨在复现实际工况下的水流动态和颗粒作用,为混凝土材料的选择和设计提供依据。

1.1.2 测试装置

在针对水工混凝土抗冲磨性能的水下钢球法测试装置中,可以从以下几个方面进行考虑,以确保测试结果的准确性和实用性:首先,关于钢筒的设计,建议采用高强度且透明度良好的材料制造。这样的设计不仅能够有效承受冲刷过程中的高强度压力,还能让观察者清晰地目睹整个冲刷过程,从而更准确地评估混凝土的抗冲磨性能。同时,钢筒内壁的光滑度至关重要,应确保其足够光滑,以减少钢球运动时的摩擦干扰,使测试结果更加贴近真实情况。其次,在钢球的选择上,应严格遵循ASTM C1138标准或其他相关标准,挑选不同直径(如12.6mm、19.0mm、25.3mm等)和材质的钢球。同时,钢球的数量和分布需经过精确计算,确保在冲刷过程中能够均匀覆盖试件表面。这样做有助于模拟出真实环境中的冲刷效果,使测试结果更具参考价值。最后,试件夹具的设计同样不容忽视。建议采用具有精确定位和夹紧机构的夹具,以确保试件在冲刷过程中始终保持稳定。此外,夹具的材料应选择耐腐蚀且不会对试件产生额外

磨损的材质,从而保障测试结果的可靠性。

1.1.3 测试流程

一是试件准备:按照标准方法制备混凝土试件,确保其尺寸、形状和养护条件符合测试要求。试件表面应平整、无缺陷。二是钢球放置:在试件表面按照预定的数量和分布放置钢球。钢球应紧密排列,但不应相互接触或重叠。三是水流冲刷:启动电机和叶轮,使钢球在钢筒内高速旋转。同时,通过调整水泵流量和叶轮转速,控制水流冲刷的速度和强度^[1]。冲刷过程中,应定期检查钢球和试件的状态,确保测试条件的稳定性。四是数据采集:在冲刷过程中,可以采集试件表面磨损量的数据。这通常通过测量试件在冲刷前后的质量损失或体积变化来实现。

1.1.4 参数设置

在进行水下钢球法测试时,合理的参数设置是确保测试结果准确性和可比性的关键。叶轮转速通常建议设置为1200r/min,这是基于经验值的选择,能够产生足够的冲刷力以模拟实际工作环境。然而,具体转速也可根据测试需求和混凝土特性进行调整,以确保冲刷效果的适宜性。冲刷时间的设置应基于测试需求和混凝土预期使用寿命来确定。为确保测试结果的充分性和可靠性,通常建议冲刷时间不少于72小时。然而,在实际测试中,冲刷时间可根据具体情况进行延长或缩短,以更准确地评估混凝土的抗冲磨性能。钢球级配的选择应遵循ASTM C1138标准或其他相关标准,以确保测试的一致性和可比性。在选择不同直径钢球的比例和数量时,应充分考虑混凝土的特性、测试目的以及实际工作环境中的冲刷条件。合理的钢球级配能够更真实地模拟冲刷过程,从而提供更准确的测试结果。

1.2 圆环法

1.2.1 原理与目标

圆环法主要针对悬移质冲磨进行测试,通过模拟高

速水流携带的细小颗粒对混凝土表面的冲刷,评估其抗冲磨性能。此方法适用于研究河流、水库等水域中悬移质对混凝土结构的影响。

1.2.2 测试装置

圆环内壁光滑,以减少对水流和颗粒运动的干扰。驱动装置提供稳定的高速水流,确保悬移质颗粒在圆环内均匀分布。悬移质颗粒投放系统负责精确控制颗粒的浓度和粒径分布。投放系统应具有稳定的颗粒供应能力,以确保测试过程中颗粒浓度的恒定性。

1.2.3 测试流程

一是试件准备:与水下钢球法相同,按照标准方法制备混凝土试件。二是颗粒投放:在测试开始前,通过悬移质颗粒投放系统向圆环内投放预定浓度和粒径的颗粒。颗粒应均匀分布在圆环内,形成稳定的悬移质层。三是水流冲刷:启动水泵,使高速水流携带悬移质颗粒在圆环内循环冲刷试件。冲刷过程中,应定期检查水流速度和颗粒浓度,确保测试条件的稳定性。四是数据采集:在冲刷过程中,同样可以采集试件表面磨损量的数据。这通常通过测量试件在冲刷前后的质量损失或体积变化来实现。

1.2.4 参数设置

水流速度应根据实际水域的流速范围设定,通常应高于实际流速以确保测试的有效性。颗粒浓度要根据测试需求和实际水域的颗粒浓度范围设定。浓度过高可能导致冲刷过程不稳定,过低则可能无法充分模拟实际冲刷环境。颗粒粒径需要选择能够代表实际悬移质颗粒粒径范围的颗粒进行测试。粒径分布应尽可能接近实际水域的颗粒粒径分布。

1.3 喷射法

1.3.1 原理与目标

喷射法通过模拟高速水流或气水混合物对混凝土表面的喷射冲刷,评估其抗冲磨性能。此方法适用于研究喷射式冲刷对混凝土结构的影响,如泄洪道、溢流坝等场景。

1.3.2 测试装置

喷射装置通常由喷嘴、水泵、气泵和控制系统组成。喷嘴设计应能够产生稳定的高速水流或气水混合物。水泵和气泵提供足够的水压和气压,以确保喷射冲刷的效果。控制系统负责调节水流速度、气压和喷射时间等参数。

1.3.3 测试流程

一是试件准备:按照标准方法制备混凝土试件,确保其尺寸、形状和养护条件符合测试要求。二是喷射设

置:调整喷嘴的角度、距离和喷射方向,确保喷射冲刷能够均匀覆盖试件表面。三是喷射冲刷:启动水泵和气泵,开始喷射冲刷。冲刷过程中,应定期检查喷射效果和试件状态,确保测试条件的稳定性。四是数据采集:在冲刷过程中或冲刷结束后,采集试件表面磨损量的数据。

1.3.4 参数设置

喷射速度应根据实际工况的流速范围设定,通常应高于实际流速以确保测试的有效性。喷射时间要根据测试需求和混凝土预期使用寿命来确定。气压和水压的比例应根据测试目的和混凝土特性进行调整,以获得最佳的喷射效果。

2 现有测试方法的优缺点分析:水下钢球法、圆环法

2.1 水下钢球法的优缺点分析

2.1.1 优点

一是模拟准确性高:水下钢球法通过钢球在高速水流作用下的旋转和撞击,能够较为准确地模拟实际水流冲刷混凝土表面的情况。这种方法能够直观地反映出混凝土在冲刷作用下的磨损程度和抗冲磨性能。二是操作简便:相较于其他测试方法,水下钢球法的操作相对简单,易于实施。测试人员只需按照预定的流程和参数进行设置,即可开始测试,无需复杂的操作技能和设备支持^[2]。三是可重复性高:由于测试条件的可控性和操作的简便性,水下钢球法具有较高的可重复性。在相同的测试条件下,可以多次进行测试,以获得更加准确和可靠的测试结果。

2.1.2 缺点

一是钢球形貌和级配问题:实际水流中的滚石形状、大小和分布往往与钢球存在较大的差异。这种差异可能导致测试结果与实际情况存在一定的偏差,影响测试效果的准确性。二是对高强度混凝土的测试效果有限:对于高强度混凝土,其抗冲磨性能较强,钢球法可能难以准确评估其在实际冲刷作用下的磨损情况。这可能需要采用更加精确和高效的测试方法来弥补这一不足。

2.2 圆环法的优缺点分析

2.2.1 优点

一方面适用于悬移质冲磨模拟:圆环法通过模拟悬移质颗粒在高速水流作用下的冲刷作用,能够较为准确地评估混凝土在悬移质冲磨下的性能。这种方法对于研究悬移质对混凝土的冲刷机理和磨损规律具有重要意义。另一方面操作相对简单:圆环法的操作相对简单,测试人员只需按照预定的流程和参数进行设置,即可开始测试。

2.2.2 缺点

一是无法全面模拟实际水流冲刷情况：圆环法主要模拟的是悬移质颗粒的冲刷作用，而无法全面模拟实际水流中推移质、床面质等多种冲刷形式的作用。这可能导致测试结果与实际情况存在一定的偏差。二是对推移质冲磨的模拟效果有限：推移质是水流中较为重要的一种冲刷形式，其对混凝土的冲刷作用往往较为剧烈^[3]。然而，圆环法对于推移质冲磨的模拟效果有限，可能无法准确评估混凝土在推移质冲刷作用下的性能。因此，在研究推移质对混凝土的冲刷作用时，可能需要采用其他更加合适的测试方法。

3 水工建筑物混凝土抗冲磨测试方法的改进

3.1 冲磨介质钢球的改进

在水工建筑物混凝土抗冲磨测试方法中，冲磨介质的选择对于测试结果的准确性至关重要。传统水下钢球法采用圆形钢球作为冲磨介质，然而，圆形钢球与实际滚石在形状上存在显著差异，这导致测试结果可能无法准确反映实际冲刷效果。为了改进这一不足，研究人员对钢球进行了创新性的改造。他们通过精确的切割工艺，将圆形钢球切割成带有棱角的六面体形状。这种六面体钢球在冲刷过程中，其棱角和边缘能够更真实地模拟实际滚石对混凝土的冲刷和撞击效果。相比圆形钢球，六面体钢球在冲刷时产生的接触应力和冲击能量更加集中，从而能够更准确地评估混凝土的抗冲磨性能。此外，研究人员还对不同直径和材质的六面体钢球进行了系统的研究和优化。他们通过大量实验，确定了不同直径钢球的比例和数量，以确保在冲刷过程中能够均匀覆盖试件表面，并产生与实际滚石相似的冲刷效果。同时，他们还对不同材质的钢球进行了对比测试，以选择出最适合模拟实际冲刷情况的钢球材质。这种改进后的六面体钢球不仅提高了水下钢球法的测试准确性，还为研究人员提供了更加真实的冲刷模拟环境^[4]。通过采用这种改进的冲磨介质，研究人员能够更准确地评估水工建筑物混凝土的抗冲磨性能，从而为工程设计和施工提供更加可靠的依据。这一改进不仅推动了水下钢球法的发展，也为水工建筑物混凝土抗冲磨测试方法的改进与创新提供了新的思路和方向。

3.2 测试参数的优化

在水工建筑物混凝土抗冲磨测试方法的改进过程中，除了对冲磨介质钢球的形貌进行改进外，研究人员还深入探讨了测试参数对测试结果的影响，并进行了相应的优化。首先，针对钢球的级配和数量，研究人员进行了系统的研究和调整。他们根据混凝土的强度等级和冲刷条件，确定了不同直径钢球的最佳比例和数量。通过合理的级配，确保了钢球在冲刷过程中能够充分覆盖试件表面，并产生与实际冲刷情况相似的冲刷效果。其次，搅拌浆与试件的距离也是影响测试结果的重要因素之一。研究人员通过精确调整搅拌浆与试件的距离，控制了水流冲刷的速度和强度。他们发现，在适当的距离下，水流能够产生足够的冲刷力，同时避免了对试件的过度冲击和破坏。此外，冲磨时间的优化也是提高测试结果准确性的关键。研究人员根据混凝土的特性和预期使用寿命，确定了合理的冲磨时间。他们发现，过短的冲磨时间可能无法充分反映混凝土的抗冲磨性能，而过长的冲磨时间则可能导致试件的过度磨损和破坏。因此，他们通过大量实验，确定了不同强度等级混凝土的最佳冲磨时间。

结语

水工混凝土抗冲磨测试方法的研究对于提高水工建筑物的安全性和耐久性具有重要意义。通过综述国内外相关文献，本文详细阐述了现有测试方法的原理及应用，并分析了其优缺点。未来研究应重点关注随着智能混凝土、超高强度混凝土和新型抗冲磨材料的发展，对抗冲磨测试方法进一步优化和改进。

参考文献

- [1]蔡新华,何真,曹露.水工混凝土抗冲磨性能试验及评价方法[C]//中国水利学会.中国水利学会2021学术年会论文集第三分册.武汉大学;武汉大学工程检测中心,2021:5.
- [2]张红光.水工混凝土抗冲磨性能试验研究[J].黑龙江水利科技,2024,52(03):17-19.
- [3]姜春萌,彭凯,张耀华,等.溶蚀作用下水工过流面混凝土抗冲磨性能研究[J].新疆农业大学学报,2023,46(01):73-78.
- [4]俞长隆.水利工程抗冲磨混凝土的试验分析[J].内蒙古水利,2016,(08):13-14.